(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

UO‘K: 662.7 10.70769/3030-3214.SRT.3.1.2025.23

MURAKKAB TARKIBLI XOM-ASHYOLARDAN QIMMATBAHO METALLARNI AJRATIB OLISH JARAYONIDA GIDROMETALLURGIK USULLARNING ILMIY ASOSLARI VA AMALIY QO‘LLANILISHI

Aripov Avaz Rozikovich

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: avaz.aripov.82@bk.ru
ORCID ID: 0000-0002-0428-507X

Sayfullayev Farruxjon Ibodovich

Assistent, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: farruxsayfullayev96@mail.ru
ORCID ID: 0009-0005-0641-1956

Qurbonov Mehrob Nuriddinovich

Assistent, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: mehrobqurbonov99@gmail.com
ORCID ID: 0009-0000-4897-9455

Jabborova Surayyo G‘ulomovna

Assistent, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: jabborovasurayyo22@gmail.com

Annotatsiya. *Maqolada murakkab oltin tarkibli pirit-arsenoperit ruda va boyitmalarni gidrometallurgik qayta ishlash jarayonlari va turli usullari muhokama qilindi, hamda jarayonlarning afzalliklari va kamchiliklari hisobga olindi. Ushbu usullarga an’anaviy texnologiyalar, bakterial oksidlash, shuningdek, yuqori va past haroratdagi tanlab eritish va keyingi sianid bilan ishlov berish jarayonlari kiradi. Ushbu usullarning kamchiliklari suyuq va qattiq fazalarni ajratish bilan bog‘liq muammolarni o‘z ichiga oladi. Degidratatsiya jarayonlari gidrometallurgik texnologiyalarning ajralmas qismidir. Effektiv bo‘lmagan fazalarni ajratish jarayoni uskunaning samaradorligini pasaytirishi va energiya iste’molini oshirishi mumkin. Mualliflar xom-ashyo samaradorligini oshirish va ularning to‘liq ishlatilishini yaxshilashga oid yechimlarni ko‘rib chiqadilar.*

Kalit so‘zlar: *gidrometallurgiya, qimmatbaho metallar, murakkab tarkibli xom-ashyo, eritish jarayoni, cho‘ktirish, ekologik jihatlar, iqtisodiy samaradorlik, degidratatsiya jarayonlari, quyultirish, filtrlash.*

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДОРОГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ УПОРНОГО СЫРЬЯ

Арипов Аваз Розикович

Доктор философии (PhD) по техническим наукам, Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан

Сайфуллаев Фаррухжон Ибодович

Ассистент, Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан

Курбонов Мехроб Нуриддинович

Ассистент, Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан

Джабборова Сурайё Гуламовна

Ассистент, Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан

Аннотация. *В статье обсуждаются процессы и различные методы гидрометаллургической переработки сложных золотосодержащих пирит-арсенопиритовых руд и концентратов, а также учитываются преимущества и недостатки этих процессов. К данным методам относятся традиционные технологии, бактериальное окисление, а также выборочное выщелачивание при высоких и низких температурах с последующей обработкой цианидом. Не-*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

достатки этих методов включают проблемы, связанные с разделением жидкой и твердой фаз. Процессы дегидратации являются неотъемлемой частью гидрометаллургических технологий. Неэффективное разделение фаз может снизить производительность оборудования и увеличить потребление энергии. Авторы рассматривают решения, направленные на повышение эффективности использования сырья и его полного извлечения.
Ключевые слова: *Гидрометаллургия, Драгоценные металлы, Сложносоставляющее сырьё, Процесс плавки, Осаждение, Экологические аспекты, Экономическая эффективность, Процессы дегидратации, Концентрация, Фильтрация.*

SCIENTIFIC FOUNDATIONS AND PRACTICAL APPLICATION OF HYDROMETALLURGICAL METHODS IN THE PROCESS OF EXTRACTING PRECIOUS METALS FROM REFRACTORY RAW MATERIALS

Aripov Avaz Rozikovich
Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Navoi State Mining and Technology University, Navoi, Uzbekistan

Sayfullaey Farruxjon Ibodovich
Assistant, Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

Qurbonov Mekhrob Nuriddinovich
Assistant, Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

Jabborova Surayo Gulomovna
Assistant, Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

Abstract. *The article discusses the processes and various methods of hydrometallurgical processing of complex gold-bearing pyrite-arsenopyrite ores and concentrates, taking into account the advantages and disadvantages of these processes. These methods include traditional technologies, bacterial oxidation, as well as selective leaching at high and low temperatures followed by cyanidation. The disadvantages of these methods include issues related to liquid-solid phase separation. Dehydration processes are an integral part of hydrometallurgical technologies. Inefficient phase separation can reduce equipment performance and increase energy consumption. The authors consider solutions aimed at improving raw material efficiency and its complete utilization.*
Keywords: *Hydrometallurgy, Precious metals, Complex composition raw materials, Smelting process, Precipitation, Environmental aspects, Economic efficiency, Dehydration processes, Concentration, Filtration.*

Kirish. Mutaxassislarning fikriga ko‘ra, ushbu asrda jahon oltin qazib olish hajmining asosiy o‘sishi murakkab va qiyin boyitiladigan oltin tarkibli rudalar hamda boyitmalarni keng jalb etish orqali ta’minlanishi rejalashtirilgan [6]. Bu esa bunday rudalarni qayta ishlashga bo‘lgan talablarning ortishiga olib keladi, chunki ularning samarali qayta ishlanishi yanada murakkab texnologiyalarni va ilg‘or ishlab chiqarish jarayonlari sxemalarini talab qiladi. Bunday usullar qatoriga gravitatsion ajratish, flotatsiya, kuydirish, eritish va gidrometallurgik yuvish (tanlab eritish) kabi texnologiyalar kiradi [12].

Qiyin boyitiladigan rudalar dunyo bo‘yicha jami oltin zaxiralarining 30% dan ortig‘ini tashkil etadi. Ushbu rudalar asosan ikki asosiy toifaga bo‘linadi:

– Oltin kremniy (kvars) minerallari bilan bog‘langan rudalar;

– Oltin sulfidli birikmalar bilan bog‘langan rudalar.

Rudani maydalash jarayonida sulfidlar bilan bog‘langan mayda tarqalgan oltin zarrachalarining faqat kichik qismining yuzasi ochiladi. Asosiy qismi esa pirit yoki arsenopirit tarkibida qoladi. Sulfidli oltin rudalarining murakkabligi shundaki, oltin sulfid minerallarida nafaqat mayda tarqalgan tabiiy metall zarralari shaklida, balki qattiq eritma holatida, ya’ni kolloid zarrachalar ko‘rinishida ham uchraydi [7].

Ushbu tadqiqotning maqsadi murakkab tarkibli xomashyolar, masalan, murakkab pirit-arsenopirit rudalari va boyitmalarini avtoklav-gidrometallurgik qayta ishlash texnologiyasining asosiy

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

afzalliklarini ko‘rib chiqish hamda avtoklavda oksidlovchi tanlab eritish jarayonidan olingan mayda dispers eritmalarni keyingi quyultirish jarayonlariga ba’zi parametrlarning ta’sirini o‘rganishdan iborat. Mavjud ishlov berish usullarini tahlil qilish asosida murakkab sulfidli oltin tarkibli xomashyolarni avtoklavli ishlov berish texnologiyasining afzalliklarini, xususan, past haroratda tanlab eritish jarayonini baholash va ushbu turdagi tanlab eritishdan keyin eritmada kuzatiladigan bir qator xususiyatlarni aniqlash hamda oksidlangan eritmalarni keyingi quyultirish jarayonlarining murakkabligini keltirib chiqaruvchi omillarni belgilash mumkin bo‘ladi. Taklif qilingan optimal shartlar quyultirish va filtrlash jarayonlarining qabul qilingan samaradorlik ko‘rsatkichlarini ta’minlaydi.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Murakkab sulfidli oltin xomashyolar tarkibida oltin mayda dispers zarracha ko‘rinishida mavjud bo‘lib, ularni qayta ishlash usullari bir qator parametrlar, masalan, ruda va boyitma tarkibi, texnologik va mexanik xususiyatlarga bog‘liq. Hozirgi vaqtda sulfidli oltin xomashyolari tarkibidan oltinni ajratib olish uchun bir nechta texnologiyalar mavjud. Ular orasida termokimyoviy (kuydirish), kimyoviy (tanlab eritish) va mexanik (yanchish) jarayonlar, shuningdek, ularning kombinatsiyalashgan usullari mavjud [13].

Murakkab tarkibli oltin rudalaridan oltinni ajratib olishning an’anaviy usullaridan biri flotatsiya usulida boyitish, olingan boyitmalarni oksidlovchi kuydirish va keyinchalik kuydirilgan boyitmalarni sianlash jarayonlarini o‘z ichiga oladi [12]. Ushbu usul juda oddiy bo‘lsa-da, jiddiy kamchiliklarga ega:

– Sulfid va yuqori darajadagi toksik arsenit chiqindilari bilan atrof-muhitning zararlanishi;

– Oltin zarrachalari yuzasida past erish nuqtasiga ega bo‘lgan birikmalarning qoplamalari hosil bo‘lishi va natijada oltinning past tiklanishi, shuningdek, arsenit sublimatsiyalariga zarrachalarning aralashishi;

– Yuqori darajadagi toksik arsenit oksidlarni zararsizlantirish jarayonlarining qimmatligi.

Hozirda kunda murakkab tarkibli oltin pirit-arsenopirit rudalaridan oltin ajratib olishning an’anaviy usullari gidrometallurgik texnologiyalar bilan almashtirilmoqda. Sababi jarayonda sulfid va arsenit birikmalarining gaz chiqindilarining yo‘qligi, shuningdek, arsenitning past toksik birikmalar shaklida chiqarilishi va ular chiqarilishi mumkin bo‘lgan oqova suvlar orqali to‘xtatish havzasiga chiqarilishi sababli, ushbu texnologiyalar atrof-muhitni muhofaza qilish talablariga maksimal darajada javob beradi. Bundan tashqari, gidrometallurgik texnologiyalar boshqa usullarga nisbatan yuqori oltinni ajratib olishni ta’minlaydi.

Hozirgi vaqtda kompleks murakkab oltin tarkibli xomashyolarni qayta ishlashda, bakterial va avtoklavli ajratish usullari hamda keyinchalik jarayonda hosil bo‘lgan keklarni sianlash kabi usullar ustunlik qilmoqda [4, 6, 7, 8]. Ushbu usullarning afzalliklari xomashyolarni qayta ishlashning yaxlitligi va barcha qimmatbaho komponentlarning yuqori miqdorda ajratib olinishi bilan bog‘liq.

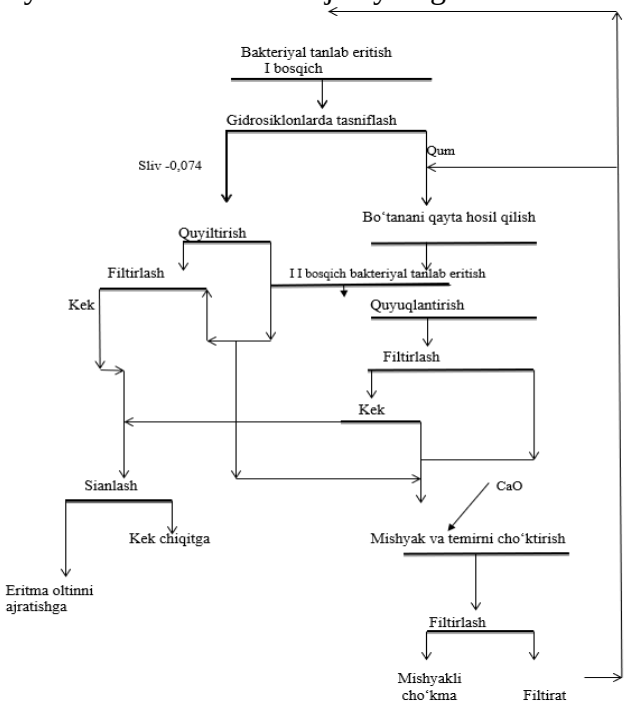
Tadqiqotda murakkab oltin tarkibli rudalarning bakterial tanlab eritish texnologiyasi o‘rganildi, bunda oltin sulfidli minerallar, masalan, pirit va arsenopirit minerali ichida mayda dispers zarracha ko‘rinishida tarqalgan. Ushbu texnologiya sulfidli minerallarni bakterial parchalanishini, tanlab eritishdan keyin bakterial eritmalarning tozalash va qayta ishlash jarayonini hamda bakterial oksidlash jarayonidan olingan keklarni sianlash jarayonlarini o‘z ichiga oladi [3, 9]. Sulfidlarni kislotali bakteriyalar yordamida parchalanishi asosida bakterial tanlab eritish orqali oltin ajratib olish jarayonini yuzlab foizgacha oshirish mumkin. Shuning uchun bakterial tanlab eritish texnologiyasi turli oltin ishlab chiqaruvchi mamlakatlarda keng qo‘llanilmoqda (Janubiy Afrika, Avstraliya, Xitoy, O‘zbekiston va boshqalar) [14]. Oltin konsentratlarini bakterial oksidlash yordamida qayta ishlash jarayonining texnologik ketma-ketligi 1-rasmda ko‘r-satilgan.

Tadqiqotlar mikroorganizmlarning rudalar shakllanishi va o‘zgarishidagi katta rolini, shuningdek, ularning tabiiy sharoitlarda sulfid minerallarini oksidlash va eritish qobiliyatini ochib berdi.

Bakterial oksidlash texnologiyasi oltin ajratib olish uchun manba bo‘lgan flotakonsentratining qayta ishlangan eritmalarida ammoniy sulfat eritmasi va sulfat kislota qo‘shilgan holda qayta aralashtiriladi, shunday qilib, tayyorlangan suspenziyaning qattiq komponentining miqdori 15% dan kam bo‘lmasligini ta’minlanishi kerak. Tayyorlangan suspenziya mexanik aralashtirish va aeratsiya bilan jihozlangan chanlarga yuboriladi va

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

keyinchalik tanlab eritish jarayoniga o‘tkaziladi.



1-rasm. Bakterial oksidlash yordamida oltin tarkibli boyitmalarni qayta ishlash jarayonining texnologik sxemasi.

Sulfid minerallarining bakterial oksidlanishi, quyidagi reaksiyalar asosida sulfat va arsenit kislotalarining hosil bo‘lishiga olib keladi [9]:

$$2FeS_2+6O_2 = Fe_2(SO_4)_3+S^0 \quad (1)$$

$$S^0+1{,}5O_2+H_2O = H_2SO_4 \quad (2)$$

$$4FeAsS+13O_2+6H_2O = 4FeSO_4+4H_3AsO_4 \quad (3)$$

60 soatlik bakterial oksidlash jarayonidan so‘ng arsenopiritning oksidlanish darajasi 80-90% ga yetadi. Bakterial oksidlashning samaradorligi avtoklavli oksidlash jarayoniga yaqin bo‘lib, oksidlovchi kuydirish usulidan samaraliroq hisoblanadi. Biroq, avtoklavli oksidlash usuli sulfid minerallarining to‘liqroq oksidlanishini ta’minlaydi va natijada oltinni yuqori darajada ajratib olish imkonini beradi. Bundan tashqari, bakterial oksidlash jarayonida katta hajmli uskunalardan foydalanishni talab qiladi, bu esa kapital xarajatlarning oshishiga olib keladi.

Avtoklavli oksidlash jarayonlari gidrometallurgik texnologiyalarda rangli metallarni bevosita ajratib olish samaradorligini oshirish, ularning selektiv ajratib olinishini yaxshilash hamda yangi birikmalarni hosil qilish imkonini beradi, bu esa eritmalarni osonroq qayta ishlashga yordam beradi [10]. Shuningdek, ushbu texnologiyalardan foydalanish oltinni chang bilan yo‘qolishining oldini oladi hamda murakkab chang yig‘ish va tozalash tizimlariga ehtiyojni bartaraf etadi.

Kislotali muhitda sulfidli minerallarining, xususan, arsenopirit va piritning avtoklavli oksidlovchi tanlab eritish jarayonida quyidagi reaksiyalar orqali amalga oshirilishi mumkin [7]:

$$4FeAsS+13O_2+6H_2O = 4FeSO_4+4H_3AsO_4 \quad (4)$$

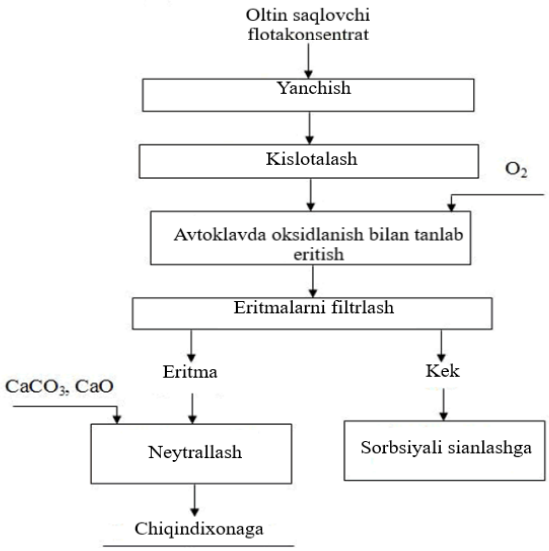
$$2FeS_2+7O_2+2H_2O = 2FeSO_4+2H_2SO_4 \quad (5)$$

$$4FeAsS+7O_2+4H_2SO_4+2H_2O = 4FeSO_4+4H_3AsO_4+4S^0 \quad (6)$$

$$FeS_2+2O_2 = Fe_2SO_4+S^0 \quad (7)$$

Elementar oltingugurt jarayonga xalaqit beruvchi komponent hisoblanadi, chunki u 1120°C dan yuqori haroratda eriydi va oksidlanmagan sulfid zarralarini mayda tarqalgan oltin bilan qoplab oladi. Bu esa zarrachalarning to‘liq oksidlanishiga yo‘l qo‘ymaydi va erimaydigan qoldiq hosil bo‘lishiga olib keladi.

Elementar oltingugurt hosil bo‘lishining oldini olish uchun jarayon 180 dan 300°C gacha bo‘lgan yuqori haroratlarda olib boriladi. Ushbu harorat diapazoni sulfidli oltingugurtning to‘liq oksidlanishini ta’minlab, sulfat-ion hosil bo‘lishiga imkon yaratadi. Yuqori haroratda avtoklavli tanlab eritish usuli orqali oltin tarkibli pirit-arsenopirit boyitmalarini gidrometallurgik qayta ishlash jarayonining texnologik sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Murakkab oltin tarkibli pirit-arsenopirit boyitmalarni avtoklavda yuqori haroratda qayta ishlash jarayonining texnologik sxemasi.

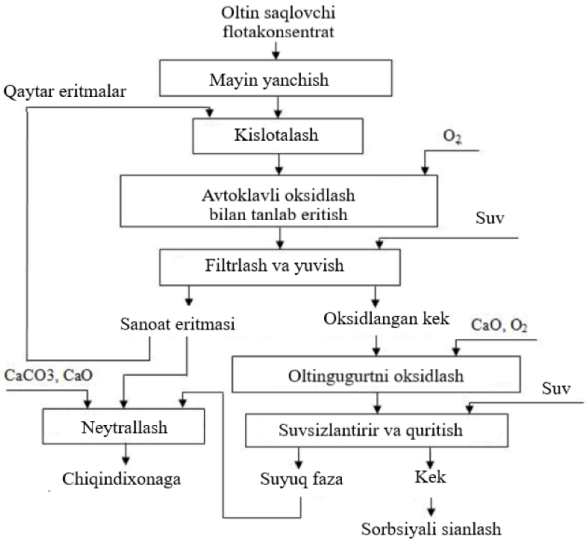
Pirit va arsenopirit boyitmalarini qayta ishlash jarayonining umumiy texnologik sxemasi quyidagi

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

asosiy jarayon bosqichlarini o‘z ichiga oladi: oltin saqlovchi flotakonsentratni yanchish, dekarbonizatsiya (kislota bilan ishlov berish), ya’ni flotatkonsentratdan karbonat birikmalarini oldindan ajratish jarayoni, avtoklavli oksidlovchi tanlab eritish, qattiq va suyuq fazalarni ajratish (oksidlangan eritmani filtrlash), eritmani ohak yoki ohaktosh bilan neytrallash hamda yakuniy sorbsion-sianlash jarayoni.

Mavjud texnologiyalar doirasida, oltin saqlovchi sulfidli xomashyolarni avtoklavli oksidlovchi tanlab eritish asosida qayta ishlash jarayonlarida qat’iy fizik-kimyoviy sharoitlar talab qilinadi. Masalan, yetarlicha yuqori haroratdan foydalanish zarur, chunki bu elementar oltingugurt hosil bo‘lishining oldini olishga yordam beradi, aks holda jarayonning samaradorlik ko‘rsatkichlari pasayadi. Biroq, yuqori haroratli tanlab eritish jarayonida murakkab tarkibli xomashyolarni qayta ishlash texnologiyasining qiyinligi va katta xarajat talab etishi uni amaliy jihatdan qiyinlashtiradi. Shu munosabat bilan, ayni paytda sulfidli boyitmalarni oksidlanish sharoitlarini, xususan, past haroratli tanlab eritish imkoniyatlari o‘rganilgan [5].

Past haroratli oksidlovchi tanlab eritish texnologiyasidan foydalanilgan holda qiyin ajraluvchi oltin saqlovchi pirit-arsenopirit boyitmalarini qayta ishlashning texnologik sxemasi 3-rasmda keltirilgan [1].



3-rasm. Nisbatan past haroratda tanlab eritish parametrlarida murakkab oltin tarkibli pirit-arsenopirit boyitmalarini avtoklavli qayta ishlash jarayonining texnologik sxemasi.

Past haroratli oksidlovchi tanlab eritish jarayoni uchun zarur sharoitlar quyidagilardan iborat: suyuq va qattiq fazalar o‘rtasidagi nisbat 3:1 ga teng bo‘lishi kerak, oksidlanish harorati - 130°C, kislorodning qisman bosimi - 1.0 MPa, avtoklavli oksidlovchi tanlab eritish jarayonining davomiyligi kislorodning sarfining to‘xtashiga qarab baholanadi.

Murakkab oltin tarkibli pirit-arsenopirit boyitmalari uchun karbonat birikmalarini (dekarbonizatsiya) oldindan ajratish jarayoni muhim bosqich hisoblanadi, chunki bu birikmalar avtoklavlash jarayonida gazsimon CO_2 chiqarilishiga, kislorodning qisman bosimini kamayishiga va uning samarali ishlatilish darajasining sezilarli darajada pasayishiga olib keladi. Dekarbonizatsiya jarayonini amalga oshirish quyidagi sharoitlarni talab etadi: jarayon harorati 60-65°C bo‘lishi kerak, reaktiv sifatida 1:1 hajmda suyultirilgan sulfat kislota ishlatilishi lozim. Kislota alohida miqdorlar bilan 20-30 daqiqa davomida aralashtiriladi, pH darajasi 2.0-2.2 ga tushmaguncha.

Past haroratli tanlab eritish jarayonidan keyin eritmani suvsizlantirish yana bir muammo hisoblanadi. Avtoklavli tanlab eritish jarayonini nisbatan past parametrlar bilan boshlash uchun zarur shart - oltin saqlovchi sulfid minerallarini ajratib olish uchun mayin yoki ultramayin yanchishdir. Sharli tegirmonlarda yanchish jarayoni quyidagi parametrlar bo‘yicha amalga oshirilishi kerak: 180 ta metall shar, aylanish tezligi 34 ay/min, yanchish vaqti 7 soat. Ushbu ultramayin yanchishda zarrachalarning 80% dan ko‘prog‘i 10-15 mikrondan kichik bo‘lishi, bu minerallarning kristall panjarasida yuqori darajada yorilish hosil qiladi. Bu minerallarning kristall panjarasining faolligini oshiradi va tanlab eritish jarayonining samaradorligini yaxshilaydi. Biroq, boyitmani mikron o‘lchamdagi zarrachalargacha ultramayin yanchish, keyingi quyultirish va filtrlash jarayonlarining juda qiyin borishiga olib keladi [11].

Natijalar. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida oksidlash jarayoni haroratini pasaytirishga asoslangan texnologiyaning afzalliklari, ya’ni past haroratli tanlab eritishning afzalliklari ochib berildi [2]. Ushbu afzalliklar quyidagilardan iborat:

- Avtoklav uskunalarining past narxi;
- Sanoat jarayonini amalga oshirish uchun talab qilinadigan kapital xarajatlarning kamayishi;

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

- Organik uglerod va xloridlarning zararli ta’sirlarining kamayishi;
- Gidrometallurgiya siklida oltinni ajratib olishga foydali ta’sir.

Biroq, ushbu texnologiyaning barcha Afzalliklariga qaramay, past haroratli tanlab eritish jarayonida olingan eritmalar va jarayon parametrlariga bog‘liq ba’zi kamchiliklar mavjud bo‘lib, bu keyingi suyuq va qattiq fazalarni ajratish jarayoniga ta’sir qiladi. Past haroratli tanlab eritish jarayonidan keyin eritmani suvsizlantirish muammosining murakkabligi, qattiq fazaning yuqori dispersiyasi va suyuq fazadagi tuzlar miqdorining yuqoriligi bilan bog‘liq bo‘lib, bu jarayonni qabul qilingan samaradorlik parametrlarida amalga oshirishga imkon bermaydi.

Quyultirish jarayonining samaradorligiga nafaqat qattiq fazaning mineral va granulometrik tarkibi, balki dastlabki eritmada va quyultirilgan mahsulotda qattiq moddaning miqdori, suyuq fazaning yopishqoqligi, qattiq va suyuq fazalarning zichligi, eritma harorati, muhitning pH darajasi, eritmada reaktivlar va maxsus qo‘shilgan qo‘shimchalar mavjudligi, shuningdek, quyultirish jarayonida ishlatilgan quyultirgichlarning dizayn xususiyatlari ham ta’sir ko‘rsatadi.

Tuzli suyuq faza bilan to‘yingan eritmalarni quritishni yaxshilash uchun quyidagi usullar qo‘llanilishi mumkin [1]:

- Tuz miqdorini suyultirish orqali kamaytirish;
- Sintetik poliakrilamid flokulyantlaridan foydalanish;
- Avtoklavli oksidlovchi tanlab eritish jarayonidan keyin eritmani ohaktosh bilan qisman yoki to‘liq neytrallash.

Neytrallash jarayoni nafaqat eritmadagi tuz miqdorini kamaytirishga, balki arsenatni past eruvchan temir arsenat shaklida ajratib olib, uni chiqindi tashlash maydoniga joylashtirishga yordam beradi.

Haroratni oshirish, bu esa quyultirish jarayonining samaradorligini oshiradi.

Flokulyant iste’moli eritmani quyultirish xususiyatlariga ta’sirini o‘rganish uchun avtoklavli oksidlovchi tanlab eritish jarayonidan keyin eritmani turli flokulyant iste’moli bilan quyultirish bo‘yicha bir qator tajribalar o‘tkazildi. Ma’lumki, eritmaning yopishqoqligi harorat oshgani sayin kamayadi. Shu sababli, harorat omilining ta’sirini o‘rganish uchun biz maxsus tajribalar o‘tkazildi, bunda turli haroratlarda suvli termostatda sinovlar amalga oshirildi. Quyultirish parametrlarining yaxshilanishi 25°C dan 80°C gacha bo‘lgan haroratda kuzatildi. Shunday qilib, 25°C haroratda 300 g/t flokulyant iste’moli bilan quyultirishning maxsus sig‘imi 3,17 t/m²·kun bo‘lsa, 80°C haroratda bu ko‘rsatkich 3,75 t/m²·kunni tashkil etdi. 80°C haroratda quyultirilgan mahsulotdagi suyuq va qattiq fazalar o‘rtasidagi nisbat 25°C haroratga nisbatan 20% ga kamroq bo‘lgan.

Muhokama. So‘nggi yillarda, sulfid xomashyolarini nisbatan past parametrlar bilan avtoklavli tanlab eritish jarayoniga asoslangan texnologiyalar keng rivojlanmoqda. Ushbu jarayonni amalga oshirish uchun xom-ashyo ultramayin yanchishni talab qiladi, bu esa oksidlangan eritmani suvsizlantirish jarayonida bir qator qiyinchiliklarga olib keladi. Bunga qo‘shimcha ravishda, jarayon oksidlangan eritmadagi tuzlarning yuqori miqdori tufayli yomonlashmoqda.

Murakkab oltin pirit-arsenopirit rudalari va boyitmalarini qayta ishlashda ultramayin oksidlangan eritmalarni suvsizlantirish jarayonini yaxshilash usullarini izlash hozirgi vaqtda eng dolzarb masalalardan biridir. Rangli metallarni qayta ishlashda, ayniqsa, mahsulotlarning katta tonnasida, quyultirish va filtrlash jarayonlarini yaxshilash muhim ahamiyatga ega. Ba’zi zavodlarda ultramayin fazalarni ajratish va suvsizlantirish jarayonlari umumiy qayta ishlash xarajatlarining taxminan 30% ni tashkil etadi, natijada olinadigan boyitmalarning ishlab chiqarish narxiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Bundan tashqari, quyultirish dastgohlari egallagan maydon korxonaning umumiy maydonining taxminan 25% ni tashkil etadi. Quyultirish va filtrlash jarayonlarini intensivlashtirish, quyultirish reagentlarining ortiqcha miqdori bilan material yo‘qotilishini kamaytirishga va qimmatbaho komponentlarni ajratib olishning oshirishga imkon beradi. Bu qo‘shimcha uskunalarni o‘rnatmasdan korxonaning ishlab chiqarish samaradorligini ko‘paytirishga yordam beradi. Quyultirish va filtrlash jarayonlarining parametrlarini optimallashtirish, mavjud uskunalarni yaxshilash va yangi yuqori samarali quyultirish uskunalarini yaratish orqali amalga oshirilishi mumkin. Bundan tashqari, turli sintetik reagentlarni qo‘llash, suspenziyaning qattiq fazasining cho‘kish tezligini oshirishga yordam beradi. Bunday moddalar elektrolitlar, suv o‘tkazmaydigan reagentlar va

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

sintetik yuqori molekulyar flokulyantlarni o‘z ichiga olishi mumkin. Sintetik polielektrolitlar faol gidrofillik funksional guruhlar, masalan, $CONH_2$ va COOH dan tashkil topgan. Bunday polimerik birikmalar eritmalarda ionlanadi va ularning makromolekulalari ion guruhlarining turiga qarab musbat yoki manfiy zaryad oladi. Bunday moddalar dispergatsiya qilingan qiyin suvsizlanadigan tizimlarda mavjudligi, agregatlar, ya’ni flokulyantlar hosil bo‘lish orqali suspenziyaning osongina va samarali cho‘kishini ta’minlaydi.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida, reagent sifatida Prestol 2510 (“Chemical Company”, Sankt-Peterburg tomonidan ishlab chiqarilgan) pirit-arsenopirit boyitmalarining avtoklavli oksidlovchi past haroratli tanlab eritish jarayonidan keyin eritmani suvsizlantirish jarayonini amalga oshirish uchun eng samarali optimal flokulyant ekanligi aniqlangan (prestol 2510). Ushbu flokulyant sedimentatsiya jarayonini eng samarali tarzda amalga oshirishga imkon beradi va suyuqlikning yuqori sifatli ajralishini ta’minlaydi. Flokulyant iste’moli 300-450 g/t ni tashkil qiladi, chunki kamroq iste’mol qilinganida qattiq komponentning tez cho‘kishi va sedimentning samarali quyulishi ta’minlanmaydi. Haroratni 80°C gacha oshirib, avtoklav eritmasi suyuqlik fazasidagi tuz miqdorini 1-1.9 mol/l ga kamaytirish orqali, quyultirish jarayonining maxsus samaradorligi 1.2-3.75 t/m² kun darajasiga, filtrlash jarayonining maxsus ishlab chiqarish quvvati esa 38-40 kg/m² soat darajasiga yetkazilishi mumkin [1].

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, oltin ajratib olish sanoatida xom-ashyo bazasining rivojlanishidagi asosiy tendensiya, minerallar xom-ashyo sifatining yomonlashuvi hamda oltinli boyitmalar va rudalarni qayta ishlashda oltinning asosiy sulfid minerallari kristall panjarasiga mayda dispers zarracha shaklida tarqalgan holda ishtirok etishidir. Ilg‘or avtoklav-gidrometallurgik texnologiyalarining qo‘llanilishi nafaqat past sifatli va murakkab (ishlov berish nuqtai nazaridan) murakkab oltin tarkibli pirit-arsenopirit xomashyolaridan keng qamrovli foydalanishni ta’minlaydi, balki atrof-muhitni muhofaza qilish muammolarini hal qilishga va tabiiy resurslarni saqlashga ham imkon beradi. Bunday rudalarni avtoklav-gidrometallurgik usullari bilan qayta ishlash jarayonida yuzaga keladigan muammolarni boyitish va metallurgik usullarining birgalikda qo‘llanilishi asosida kompleks yondashuv orqali hal qilish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Иваник, С.А.2002. Разделение и освобождение ультратонких фаз в технологии автоклавного усиления упорных золотосодержащих концентратов. [Separation and dehydration of ultra-fine phases in the autoclave leaching technology of refractory gold concentrates], Ph.D. thesis, St. Petersburg, Mining University, pp. 133.
2. Korans, I.J. and Angew, J.E. 1993. Activation of a mineral species. Patent No. 5232491 USA. MCI 22 B 11/08, No. 902992. Appl. 23.06.1992; Publ. 03.0801993. 5C, Australia, 1993.
3. Кузякина, Т.И., Хаинасова, Т.С. и Levenets, О.О. Биотехнология извлечения металлов из сульфидных руд [Biotechnology for extracting metals from sulfide ores], KRAUNTS Bulletin. Earth Science. 12:76-86. 2008.
4. Ладеичшиков, В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд [Gold and silver extracting technology from refractory ores], Иркутск, OJSC “Irgiredmet”. 1999.
5. Lapin, A.Yu., Bitkov, G.A. и Shneerson, Ya.M. Автоклавно-гидрометаллургическая переработка упорных золотосодержащих сульфидных материалов при пониженных температурах [Autoclave-hydrometallurgical processing of refractory gold-bearing sulphide materials at low temperatures]. Non-ferrous Metals. 12:39-44. 2011.
6. Naboychenko, S.S., Ni, L.P., Shneerson, Ya.M. и L.V. Chugaev. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов [Autoclave hydrometallurgy of non-ferrous metals], Екатеринбург, GOU USTU - UPI, pp. 570-575. 2002.
7. Naboychenko, S.S., Ni, L.P., Shneerson, Ya.M., Kalashnikova, M.I., и Chugaev, L.V. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов [Autoclave hydrometallurgy of non-ferrous metals]. GOU USTU - UPI, 2, 351-396. 2009.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

8. Самихов, Ш.Р. Технология переработки упорных и бедных золотосодержащих руд [Processing technology of refractory and low-grade gold ores], Ph.D. thesis, Dushanbe, pp. 136. 2006.
9. Шамин, В.Ю. Чановое биоокисление золото-сульфидно-арсенопиритового концентрата [Tank bio-oxidation of gold-sulphide-arsenopyrite concentrate]. Mining Bulletin of Uzbekistan. 2(21):45-49. 2005.
10. Shneerson, Ya.M. and Naboychenko, S.S. Тенденции развития автоклавной гидрометаллургии цветных металлов [Trends in the development of autoclave hydrometallurgy of non-ferrous metals]. Non-ferrous Metals. 3:15-20. 2011.
11. Sizyakov, C.M., Ivanik, S.A. and Fokina, S.B. Исследование процессов сгущения и фильтрации тонкодисперсного оксидного пульпа [Study of thickening and filtration processes of finely dispersed oxidized pulps]. Enrichment of Ores. 2:21-25. 2012.
12. Зеликман, А.Н. Теория гидрометаллургических процессов [The theory of hydrometallurgical processes]. Moscow: Metallurgy. 424. 1983.
13. О.У.Фузайлов, Ф.И.Сайфуллаев, И.И.Мажидова, С.Г.Жабборова. Исследование способов интенсификации процесса обжига сульфидных золотосодержащих концентратов с применением микроволнового излучения. Journal of Advances in AND Engineering Technology Vol.2(6) 2022.
14. Aripov A.R., Sayfullayev F.I., Qurbonov M.N., Majidova I.I. O‘zbekistonda kon-metallurgiya sanoatining shakllanish va rivojlanish tarixi. Sanoatda raqamli texnologiyalar ISSN: 3030-3214, Volume 2, № 3:2024.